

Impact damage registering appts. for laminated fibre components - uses piezoelectric foil pieces distributed over component and connected to monitor to ascertain changes in capacitative charge

Patent number: DE4025564

Publication date: 1991-09-19

Inventor:

Applicant:

Classification:

- International: **G01N27/60; G01N27/60;** (IPC1-7): B60R16/02;
B64D45/00; G01B7/18; G01B7/22; G01M13/00;
G01N19/08; G01N27/24

- european: G01N27/60

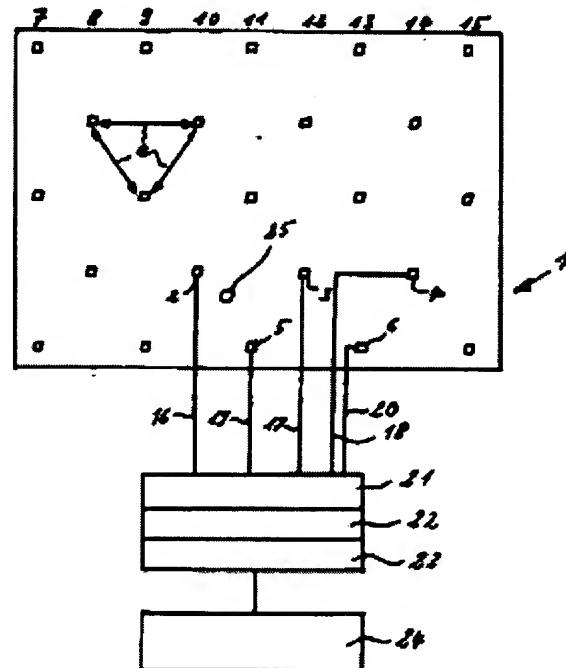
Application number: DE19904025564 19900811

Priority number(s): DE19904025564 19900811

Report a data error here

Abstract of DE4025564

An arrangement for detecting impact damage to fibre laminated components, esp. on vehicles and aeroplanes, includes a film with numerous piezo-electric film members which are spaced apart from one another. The film members are connected to a monitoring unit (24) which picks up changes in capacitative change. The plastics film layer is pref. made of polyvinylidene fluoride. **ADVANTAGE** - Simple and reliable. Easy to attach the component.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

USPS EXPRESS MAIL
EV 636 851 955 US
APR 28 2006

THIS PAGE BLANK (11/15/2011)

AL



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Patentschrift
10 DE 40 25 564 C 1

21 Aktenzeichen: P 40 25 564.6-52
22 Anmeldetag: 11. 8. 90
43 Offenlegungstag: —
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 19. 9. 91

51 Int. Cl. 5:
G 01 N 27/24
G 01 N 19/08
G 01 B 7/18
G 01 B 7/22
B 64 D 45/00
G 01 M 13/00
B 60 R 16/02
// B 64 F 5/00

DE 40 25 564 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:

Messerschmitt-Bölkow-Blohm GmbH, 8012
Ottobrunn, DE

72 Erfinder:

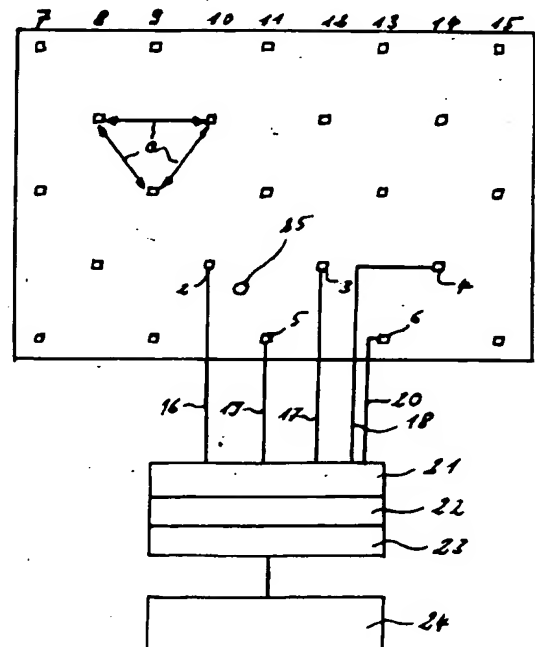
Horoschenkoff, Alexander, Dipl.-Ing., 8000 München,
DE; Wittmann, Erwin, 8055 Goldach, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE-PS 36 22 656
DE-PS 8 32 689
GB 21 07 213
Flug Revue 5/86, S. 83ff;

54 Vorrichtung zur Feststellung von Schlagbeschädigungen an Faserverbundwerkstoff-Bauteilen, insbesondere von Fahr- und Flugzeugen

57 Ein Bauteil (1), insbesondere eines Flugzeugs, ist mit einer Vielzahl von im Abstand voneinander angeordneten piezoelektrischen Folienstücken (2, 3, 4...) versehen, die zur Feststellung schadensbedingter kapazitiver Ladungsänderungen an eine Überwachungseinrichtung (24) angeschlossen sind.



DE 40 25 564 C 1

USPS EXPRESS MAIL
EV 636 851 955 US
APR 28 2006

Vorrichtung zur Feststellung von Schlagbeschädigungen an Faserverbundwerkstoff-Bauteilen, insbesondere von Fahr- und Flugzeugen.

Im Fahrzeug- und Flugzeugbau werden immer mehr Bauteile aus Faserverbundwerkstoffen verwendet, insbesondere kohlefaserverstärkte Verbundwerkstoffe. Die Bauteile werden im allgemeinen durch Laminieren kunststoffimprägnierter Faserschichten, sog. Prepregs, unter Druck und Wärme in einer Preßform hergestellt.

Diesen Bauteilen ist damit die Gefahr eigen, zu delaminieren. Eine Delamination kann insbesondere bei Schlägen auf das Bauteil auftreten. Demgemäß kann eine Schlagbeschädigung eines Faserverbundwerkstoff-Bauteils durch Delamination zu einem hohen Verlust an mechanischer Festigkeit führen. Faserverbundwerkstoffe besitzen daher bei Schlagschädigungen eine relativ geringe Schadenstoleranz.

Im Betrieb ist ein Flugzeug stets der Gefahr von Schlägen ausgesetzt, beispielsweise im Flug durch Vögel, Hagel, Eisstücke, die bei Vereisungen abplatzen, oder beim Starten und Landen durch nach oben geschleuderte Steine.

Die Schlagschäden, die sich, wie gesagt, insbesondere in Form einer Delamination des Faserverbundwerkstoffs auswirken, sind von außen normalerweise nicht erkennbar. Um Schlagschäden an den Faserverbundwerkstoffbauteilen festzustellen, ist es bekannt, sie in Wartungsintervallen zerstörungsfreien Prüfmethode, wie Röntgenuntersuchungen oder Ultraschalltests, zu unterwerfen. Diese Methoden sind aber nicht nur sehr zeitaufwendig, vielmehr haftet ihnen der wesentliche Nachteil an, daß ein Flugzeug, das durch Schlag äußerlich nicht erkennbar beschädigt worden ist, bis zur nächsten Wartung weiterfliegt und somit einem hohen Sicherheitsrisiko ausgesetzt ist.

Es ist auch schon eine Reihe von Vorschlägen gemacht worden, um Beschädigungen an Flugzeugen sofort zu erfassen.

So ist schon sehr früh vorgeschlagen worden, Dehnungsmeßstreifen zur Feststellung von Beschädigungen zu verwenden (vgl. DE-PS 8 32 689).

Mit Dehnungsmeßstreifen können jedoch nur permanente Verformungen erfaßt werden, also beispielsweise Dullen oder andere Verbiegungen von Metallteilen, nicht jedoch die Delamination oder andere Schäden im Innern eines Faserverbundwerkstoffbauteils.

Ferner ist es bekannt, z. B. Flug Revue 5/86, S. 83ff, Lichtleitfasern zur Überwachung und Kontrolle von Faserverbundwerkstoffbauteilen zu verwenden. Dabei ist aber der Aufwand an benötigten, teuren Lichtleitfasern groß. Ebenso ist die Bruchgefahr der Fasern durch noch zulässige Beanspruchung hoch. Schäden werden angezeigt, sobald ein Riß der Leitfaser erfolgt. Findet jedoch eine elastische Verformung statt, auch wenn sie noch gar keine Schadensnachwirkung hat, so führt auch dies zum Bruch der Leitfasern und damit zu einer Schadensmeldung. Es muß damit eine Untersuchung des betreffenden Bauteils vorgenommen werden, obwohl gar kein bleibender Schaden vorliegt. Nachteilig ist weiterhin, daß Lichtleitfasern in das Faserverbundwerkstoffbauteil eingebracht werden müssen, wodurch der Fertigungsprozeß des Faserverbundwerkstoffbauteils stark beeinträchtigt wird. Auch ist bei der Herstellung des Bauteils in der Preßform ein Bruch der Lichtleitfasern zu befürchten.

Darüber hinaus ist es aus der DE-PS 36 22 656 be-

kannt, das Faserverbundwerkstoffbauteil flächendeckend mit einem Drahtnetz zu versehen und Schlagbeschädigungen durch Änderungen des ohm'schen Widerstandes des Drahtnetzes zu erfassen. Da das Drahtnetz an der Außenseite des Bauteils einer zu großen Beschädigungsgefahr ausgesetzt ist, andererseits Schläge mit einem an der Innenseite angeordneten Drahtnetz nicht mit der notwendigen Sicherheit erfaßt werden können, muß das Drahtnetz innerhalb des Faserverbundwerkstoffbauteils angeordnet werden, wodurch der Fertigungsprozeß des Faserverbundwerkstoffbauteils erheblich gestört wird.

Weiterhin bedeutet das flächendeckend angeordnete Drahtnetz eine wesentliche Gewichtserhöhung des Bauteils. Auch ergeben sich Probleme bei der Verlegung eines solchen Drahtnetzes im Bereich von Kanten und Ecken, wie sie beispielsweise bei einem Flugzeug an den Spanten und Stringern auftreten. Zur Widerstandsmessung wird ferner eine Spannungsquelle benötigt, die das Drahtnetz ständig mit Strom versorgt.

Darüber hinaus ist es bekannt (vgl. GB 21 07 213), auf das Faserverbundwerkstoffbauteil außen eine Schicht aus Mikrohohlkugeln aufzubringen, die mit einer Farbe o. dgl. Indikator gefüllt sind, so daß Schlagschäden am Flugzeug optisch erkennbar werden. Diese Methode hat allerdings den Nachteil, daß die Hohlkugeln schon bei relativ geringen Schlägen platzen, zumal die Wandung der Hohlkugeln aus Gewichtsgründen dünn ausgebildet werden muß. So ist beispielsweise bei Hagelschlag praktisch eine Zerstörung aller Hohlkugeln des Bauteils zu erwarten.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine zuverlässige und exakte Schlagerkennungsvorrichtung für Faserverbundwerkstoffbauteile bereitzustellen, die in einfacher Weise am fertigen Bauteil angebracht werden kann.

Dies wird erfindungsgemäß durch die im Anspruch 1 gekennzeichnete Vorrichtung erreicht. In den Unteransprüchen sind vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung wiedergegeben.

Nach der Erfindung wird das Faserverbundwerkstoffbauteil, das auf Schlagschäden kontrolliert werden soll, also mit einer Vielzahl punktuell angeordneter piezoelektrischer Folienstücke versehen. Die piezoelektrische Folie, aus denen die Folienstücke hergestellt werden, besteht im allgemeinen aus einer beidseitig metallisierten piezoelektrischen Kunststoffschicht. Die piezoelektrische Kunststoffschicht wird vorzugsweise durch Polyvinylidenfluorid (PVDF) oder ein anderes aus polaren Molekülen bestehendes Polymer gebildet. Zwischen den beiden metallisierten Schichten bildet sich somit eine elektrische Ladung aus, die zu einer kapazitiven Ladungsänderung bei Druckeinwirkung führt. Die kapazitive Ladungsänderung ist zum Druck im wesentlichen proportional.

Piezoelektrische Folien sind sehr leicht. Sie stellen damit eine vernachlässigbare Gewichtskomponente dar, zumal sie nach der Erfindung nur punktuell am Bauteil angebracht werden.

Die erfindungsgemäß verwendeten piezoelektrischen Folienstücke weisen vorzugsweise eine Dicke von 5 bis 500, insbesondere 20 bis 300 µm auf. Da die Empfindlichkeit im allgemeinen um so größer ist, je dünner die Folie ist, kann über die Dicke der Folie die Empfindlichkeit der piezoelektrischen Folienstücke dem jeweiligen Anwendungsfall angepaßt werden.

Weiterhin besitzen die piezoelektrischen Folienstücke selbst ein Ladungspotential, stellen also keine elektrischen Verbraucher dar, so daß für den Betrieb der erfin-

dungsgemäßen Vorrichtung keine Spannungsquelle erforderlich ist.

Um die Auslösung von Fehlsignalen zu verhindern, sind die piezoelektrischen Folienstücke der erfindungsgemäßen Vorrichtung vorzugsweise gegen elektromagnetische Störeinflüsse abgeschirmt. Eine besonders elegante Methode der elektromagnetischen Abschirmung besteht darin, die piezoelektrischen Folienstücke umzuschlagen, also einmal zu falten, und die in dem umgeschlagenen Folienstück innere metallisierte Schicht an die Überwachungseinrichtung anzuschließen, während die äußere metallisierte Schicht des umgeschlagenen Folienstücks geerdet, also an die Masse angeschlossen wird. Jedes piezoelektrische Folienstück kann natürlich auch durch eine separate, geerdete Metallschicht elektrisch abgeschirmt werden.

Die piezoelektrischen Folienstücke werden vorzugsweise an der Innenseite oder Rückseite des Faserverbundwerkstoffbauteils angebracht, vorzugsweise durch Kleben, wodurch eine hohe Betriebssicherheit gewährleistet wird. Gegenüber dem Einlaminieren in das Faserverbundwerkstoffbauteil bringt dies den weiteren Vorteil, daß die Verdrahtung problemlos nachträglich vorgenommen werden kann und der Prozeß bei der Herstellung des Faserverbundwerkstoffbauteils nicht gestört wird. Außerdem kann damit die erfindungsgemäße Vorrichtung nachträglich an bereits im Einsatz befindliche Faserverbundwerkstoffbauteile angebracht werden.

Die Größe der piezoelektrischen Folienstücke beträgt vorzugsweise zwischen 0,1 und 10 cm², vorzugsweise 1 bis 5 cm². Die Größe hängt dabei insbesondere von der Empfindlichkeit ab, also beispielsweise der Dicke der piezoelektrischen Folien.

Bei piezoelektrischen Folienstücken über etwa 10 cm² ist im allgemeinen keine Zunahme der Empfindlichkeit mehr festzustellen, sondern u. U. sogar eine Abnahme der Empfindlichkeit gegeben, da die kapazitive Ladungsänderung an dem Anschluß der Verdrahtung mit zunehmendem Abstand der Druckeinwirkung von dem Anschluß geringer wird.

Der Abstand zwischen den piezoelektrischen Folienstücken ist vorzugsweise so groß, das maximal drei um den Aufschlagort angeordnete piezoelektrische Folienstücke eine meßbare kapazitive Ladungsänderung erfahren, wenn der Schlag eine vorgegebene Mindestgröße erreicht, d. h. eine Größe, bei der beispielsweise ein Delaminieren des Bauteils eintreten kann. Beispielsweise können die Folienstücke mit einem Abstand von 0,5 bis 2 m voneinander angeordnet sein.

Mit einem Netz von in einem solchen Abstand voneinander angeordneten piezoelektrischen Folienstücken ist damit eine eindeutige Lokalisierung der Impactstelle möglich. Die vorgegebene Mindestgröße eines Schlags kann dabei z. B. zwischen 1 und 10 je Millimeter Dicke des Faserverbundwerkstoffbauteils betragen. Bei einem herkömmlichen kohlefaserverstärkten Verbundwerkstoffbauteil liegt sie beispielsweise bei 3 J/mm.

Nachstehend ist die Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen jeweils schematisch:

Fig. 1 eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung;

Fig. 2 ein anderes Legemuster der piezoelektrischen Folienstücke;

Fig. 3 ein piezoelektrisches Folienstück in vergrößerter Wiedergabe und

Fig. 4 bis 7 jeweils Diagramme von mit einer Ver-

suchsanordnung gemessenen Impact-Signalen.

Gemäß Fig. 1 ist die Rückseite eines Faserverbundwerkstoffbauteils 1 mit im Abstand von einander angeordneten piezoelektrischen Folienstücken 2, 3, 4, 5, 6 ... versehen.

Die piezoelektrischen Folienstücke 2, 3, 4, 5, 6 ... sind in Reihen 7 bis 15 angeordnet und auf Lücke ausgerichtet, d. h. das Folienstück der einen Reihe 10 liegt dem Folienstück 3 der übernächsten Reihe 12 gegenüber.

Die Folienstücke 2, 3, 4, 5, 6 ... sind über Leitungen 16, 17, 18, 19, 20 ... an einen Meßstellenschalter oder Multiplexer 21 angeschlossen. Die Leitungen der übrigen Folienstücke des Bauteils 1 zu dem Meßstellenschalter 21 sind der Übersichtlichkeit halber nicht dargestellt. Der Meßstellenschalter 21 ist mit einem Ladungsverstärker 22 und einer Meßeinrichtung 23 versehen und an die Überwachungseinrichtung 24 angeschlossen.

Durch die netzförmige Anordnung der Folienstücke 2, 3, 4, 5, 6 ... ist eine eindeutige Lokalisierung der Aufschlagstelle möglich, beispielsweise eines Aufschlags an der Stelle 25 an der Vorderseite des Bauteils 1.

Der Abstand a zwischen den Folienstücken 2, 3, 4, 5, 6 ... ist so gewählt, daß bei einem Schlag von z. B. 10 J auf das beispielsweise 4 mm dicke Bauteil 1, also bei einem Schlag mit einer Stärke, ab der eine Delaminierung des Bauteils 1 zu befürchten ist, nur drei Folienstücke, d. h. bei der Aufschlagstelle 25, nur die Folienstücke 2, 3 und 5 eine kapazitive Ladungsänderung erfahren, die über den Ladungsverstärker 22 und den Meßstellenschalter 21 von der Überwachungseinrichtung 24 erfaßt wird.

Der Abstand a , mit dem die Folienstücke 2, 3, 4, 5, 6 ... voneinander angeordnet sind, beträgt beispielsweise 1 m. Eine Lokalisierung der Aufschlagstelle 25 kann beispielsweise dadurch erfolgen, daß die drei Signale der Folienstücke 2, 3 und 5, die von der Überwachungseinrichtung 24 erfaßt werden, anzeigen, daß die Aufschlagstelle 25 in dem Dreieck zwischen den drei Folienstücken 2, 3 und 5 liegt, wodurch eine Eingrenzung der Schadensstelle auf einen Bereich von ca. 0,3 m² erfolgt.

Es ist jedoch eine noch exaktere Lokalisierung der Aufschlagstelle 25 mit einem solchen Legemuster möglich. Die Größe der Ladungsänderung der Folienstücke 2, 3 und 5 ist nämlich von ihrer Entfernung von der Aufschlagstelle 25 abhängig. Das heißt, das Folienstück 2, das von den drei Eckpunkten des aus den Folienstücken 2, 3 und 5 gebildeten Dreiecks der Aufschlagstelle 25 am nächsten liegt, wird die größte Ladungsänderung und das Folienstück 3 mit der größten Entfernung von der Aufschlagstelle 25 die geringste Ladungsänderung erfahren. Damit kann der Schadensort und die Größe des Schlags aus der Größe der kapazitiven Ladungsänderung der einzelnen Sensoren 2, 3 und 5, die um den Aufschlagort 25 angeordnet sind, mit Hilfe einer Verknüpfung der Einzelsignale und einer entsprechenden vergleichenden Signalanalyse festgestellt werden. Denkbar ist auch eine Auswertung, die auf der unterschiedlichen Laufzeit der Sensorsignale aufgrund des unterschiedlichen Abstands der Folienstücke 2, 3, 4, 5 vom Aufschlagort 25 basiert.

Der Aufschlagort 25 kann dann z. B. durch Röntgen überprüft werden, um festzustellen, ob durch den Schlag tatsächlich eine Delaminierung oder sonstige Beschädigung des Bauteils 1 stattgefunden hat.

Bauteile eines Flugzeuges werden heutzutage z. B. um ein Drittel überdimensioniert, um sicherzustellen, daß auch bei einer teilweisen Delaminierung des Bauteils noch eine hinreichende Festigkeit gegeben ist. Durch die hohe Meßgenauigkeit der erfindungsgemä-

Ben Vorrichtung kann daher u. U. die Dimensionierung eines derart überwachten Bauteils günstiger gewählt werden.

Da die kapazitiven Ladungsänderungen an den piezoelektrischen Folienstücken 2, 3, ... im allgemeinen relativ gering sind, ist der Verstärker 22 erforderlich. Der Widerstand der piezoelektrischen Folienstücke 2, 3, ... ist jedoch in der Regel gering und beträgt im allgemeinen lediglich etwa 100 Kiloohm. Eine meßtechnische Verstärkung der Signale ist daher unproblematisch.

Um zu verhindern, daß kapazitive Ladungsänderungen an den piezoelektrischen Folienstücken 2, 3, ..., die bei normalem Flugbetrieb durch Verformungen des Bauteils, beispielsweise aufgrund von Schwingungen, auftreten, nicht mit den kapazitiven Ladungsänderungen verwechselt werden, die durch einen Schlag hervorgerufen werden, wird die Meßvorrichtung 23 verwendet, welche die piezoelektrischen Folienstücke 2, 3, ... permanent auf kapazitive Ladungsänderungen innerhalb eines bestimmten Zeitabstandes überprüft, der kleiner als die Dauer eines Aufschlags ist. Die Dauer eines Aufschlags liegt normalerweise in der Größenordnung von 10 Millisekunden. Der Zeitabstand, mit dem die Meßeinrichtung 23 die Folienstücke 2, 3, 4, 5, ... auf Ladungsänderungen überprüft, beträgt dabei beispielsweise die Hälfte dieses Zeitabstands.

Durch die Meßstellenumschalteneinrichtung 21 werden die piezoelektrischen Folienstücke 2, 3, 4, ... in einem bestimmten Zeitraum abwechselnd mit der Überwachungseinrichtung 24 verbunden, wobei dieser Zeitraum kleiner ist als die Dauer eines Aufschlags. Das heißt, durch die Umschalteneinrichtung 23 können mit einer einzigen Überwachungseinrichtung 24 die Ladungsänderungen der piezoelektrischen Folienstücke 2, 3, ... in entsprechend kurzen Zeitabständen permanent abgefragt und beobachtet werden. Das System wird dabei durch die Umschalteneinrichtung 21 sehr schnell getaktet, so daß ca. 30 piezoelektrische Folienstücke 2, 3, ... mit einer einzigen Überwachungseinrichtung 24 betrieben werden können. Das heißt, mit einer einzigen Überwachungseinrichtung 24 und dreißig piezoelektrischen Folienstücken 2, 3, ... kann bei einem Abstand a der Folienstücke 2, 3, ... voneinander von einem Meter ein Bauteil 1 mit einer Fläche von ca. 30 m² überprüft werden.

Durch entsprechende Abschirmung oder Impedanzwandlung bei den piezoelektrischen Folienstücken 2, 3, ... muß ausgeschlossen werden, daß Fehlanzeigen aufgrund von Wechselwirkungen zwischen äußeren elektromagnetischen Feldern und den Zuleitungen 16 bis 20 ausgelöst werden können. Dazu können beispielsweise abgeschirmte Kabel für die Leitungen 16 bis 20 verwendet werden.

In Fig. 2 ist ein Bauteil 26 aus Faserverbundwerkstoff dargestellt, das durch Rippen 27, 28, 29 verstärkt ist, beispielsweise durch Spanten oder Stringer, wie in der Luft- und Raumfahrt üblich. Die piezoelektrischen Folienstücke 30, 31, 32 ... sind dabei im Bereich dieser tragenden Rippen 27, 28, 29 angeordnet.

Wie anhand des piezoelektrischen Folienstücks 2 in Fig. 3 dargestellt, werden die piezoelektrischen Folienstücke an dem Bauteil 1 vorzugsweise im ungeschlagenen Zustand befestigt. Der umgeschlagene Zustand wird durch den Klebstoff 34 fixiert. Das piezoelektrische Folienstück 2 besteht aus der piezoelektrischen Kunststoffschicht 35, die an beiden Seiten unter Bildung der Metallschichten 36 und 37 metallisiert ist. Die innere Metallschicht 36 des Folienstücks 2 ist dabei an die Leitung 16 angeschlossen, die zur Überwachungseinrich-

tung 24 führt, während die äußere Metallschicht 37 über die Leitung 38 geerdet, also an Masse angeschlossen ist. Das Folienstück 2 ist mit einem Kleber 39 am Bauteil 1 befestigt.

Das nachstehende Beispiel dient der weiteren Erläuterung der Erfindung.

Auf ein plattenförmiges Bauteil aus kohlefaserverstärktem Kunststoff mit einer thermoplastischen Polyätherätherketon (PEEK)-matrix, das eine Größe von 400 × 400 mm und eine Dicke von 4 mm aufweist, wurde mit einem Abstand von 1 m voneinander entfernten 2 cm² großen piezoelektrischen Folienstücken durch Aufkleben versehen. Die piezoelektrischen Folienstücke wurden an einen Ladungsverstärker angeschlossen, der über einen Transientenrekorder und einen Speicher an einen Rechner angeschlossen war. Die Vorrichtung wurde so eingestellt, daß das Signal von zwei piezoelektrischen Folienstücken gleichzeitig erfaßt werden konnte.

Mit einem Schlaghammer wurden zwei Energieniveaus von ca. 4 und 8 J, also 1 bzw. 2 J/mm auf das Bauteil aufgebracht. Die Fig. 4 und 5 geben die Meßstreifen des Transientenschreibers wieder. Fig. 4 zeigt dabei den Meßstreifen für das Signal eines piezoelektrischen Folienstücks, das in der Plattenmitte angeordnet ist, bei einem Schlag von ca. 1,0 J/mm. Fig. 5 zeigt den Meßstreifen für den gleichen Sensor bei einem Schlag von 2,0 J/mm.

Man erkennt, daß das Signal des piezoelektrischen Folienstücks bei höherer Schlagenergie deutlich stärker ist als bei kleinerer Schlagenergie. Das heißt, es kann eine eindeutige Korrelation zwischen den aufgetragenen Energieniveaus und der Höhe der Signale der Piezofolienstücke festgestellt werden. Um den Einfluß des Abstandes zwischen dem Aufschlagort und dem piezoelektrischen Folienstück auf die Höhe des Signals festzustellen, wurden die Signale zweier piezoelektrischer Folienstücke, die in einem Abstand von 300 bzw. 10 mm vom Aufschlagort angeordnet waren, aufgezeichnet. In Fig. 6 und 7 sind die Meßstreifen dieser Versuche wiedergegeben. In Fig. 6 ist der zeitliche Verlauf der Signale für einen Schlag von ca. 1 J/mm dargestellt. Die Höhe des Signals für das piezoelektrische Folienstück, das in einem Abstand von 300 mm vom Aufschlagort angeordnet ist, ist geringer als das des piezoelektrischen Folienstücks, das in einem Abstand von 10 mm vom Aufschlagort angeordnet ist. Fig. 7 zeigt den Ladungsverlauf derselben Sensoren bei einem Schlag von ca. 2 J/mm.

Auch hier zeigt der Sensor, der näher am Aufschlagort angeordnet ist, das höhere Signal. Zusätzlich zeigen die Fig. 6 und 7 wiederum die Abhängigkeit der Signalthöhe von der Aufschlagenergie.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Feststellung von Schlagbeschädigungen an einem Faserverbundwerkstoff-Bauteil insbesondere von Fahr- und Flugzeugen, dadurch gekennzeichnet, daß das Bauteil (1, 26) mit einer Vielzahl von im Abstand (a) voneinander angeordneten piezoelektrischen Folienstücken (2, 3, 4, ..., 31, 32, 33 ...) versehen ist, die zur Feststellung schadensbedingter kapazitiver Ladungsänderungen an eine Überwachungseinrichtung (24) angeschlossen sind.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die piezoelektrischen Folienstücke (2, 3, 4, ..., 31, 32, 33...) jeweils eine Größe von 0,1 bis

10 cm² aufweisen.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand (a) zwischen den piezoelektrischen Folienstücken (2, 3, 4...; 31, 32, 33 ...) so gewählt ist, daß maximal drei um den Aufschlagort (25) angeordnete piezoelektrische Folienstücke (2, 3, 4 ...; 31, 32, 33 ...) bei einer vorgegebenen Mindestgröße des Schlages eine von der Überwachungseinrichtung (24) meßbare kapazitive Ladungsänderung erfahren. 5 10
4. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die piezoelektrischen Folienstücke (2, 3, 4... 32, 33 ...) reihenförmig und auf Lücke angeordnet sind.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, 15 dadurch gekennzeichnet, daß die piezoelektrischen Folienstücke (31, 32, 33 ...) im Bereich der tragenden Strukturen (27, 28, 29) des Faserverbundwerkstoff-Bauteils (26) angeordnet sind.
6. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die piezoelektrischen Folienstücke (2, 3, 4 ...; 31, 32, 33 ...) mit einer elektromagnetischen Abschirmung versehen sind. 20
7. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die piezoelektrischen Folienstücke (2) aus einer beidseitig metallisierten (36, 37) piezoelektrischen Kunststoffschicht (35) bestehen. 25
8. Vorrichtung nach Anspruch 6 und 7, dadurch gekennzeichnet, daß die piezoelektrischen Folienstücke (2) zur elektromagnetischen Abschirmung umgeschlagen und die in den umgeschlagenen Folienstücken (2) innere metallisierte Schicht (35) an die Überwachungseinrichtung (24) angeschlossen ist und die äußere metallisierte Schicht (37) geerdet ist. 30 35
9. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die piezoelektrische Kunststoffschicht aus Polyvinylidenfluorid besteht. 40
10. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die piezoelektrischen Folienstücke (2, 3, 4, ...; 31, 32, 33 ...) an der Innenseite des Bauteils (1, 26) befestigt sind.
11. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Meßeinrichtung (23) vorgesehen ist, welche die piezoelektrischen Folienstücke (2, 3, 4, ...; 31, 32, 33 ...) ständig auf kapazitive Ladungsänderungen innerhalb eines bestimmten Zeitabstands überprüft, der 45 50 kleiner ist als die Dauer eines Aufschlags.
12. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die piezoelektrischen Folienstücke (2, 3, 4 ...; 31, 32, 33 ...) über einen Ladungsverstärker an die Überwachungseinrichtung (24) angeschlossen sind. 55
13. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die piezoelektrischen Folienstücke (2, 3, 4 ...; 31, 32, 33 ...) an die Überwachungseinrichtung (24) über eine Umschalteneinrichtung (21) angeschlossen sind, welche die Überwachungseinrichtung (24) abwechselnd mit den piezoelektrischen Folienstücken (2, 3, 4, ...; 31, 32, 33 ...) innerhalb eines bestimmten Zeitraumes verbindet, der kleiner ist als die Dauer eines Aufschlags. 60 65

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

— Leerseite —

Fig. 1

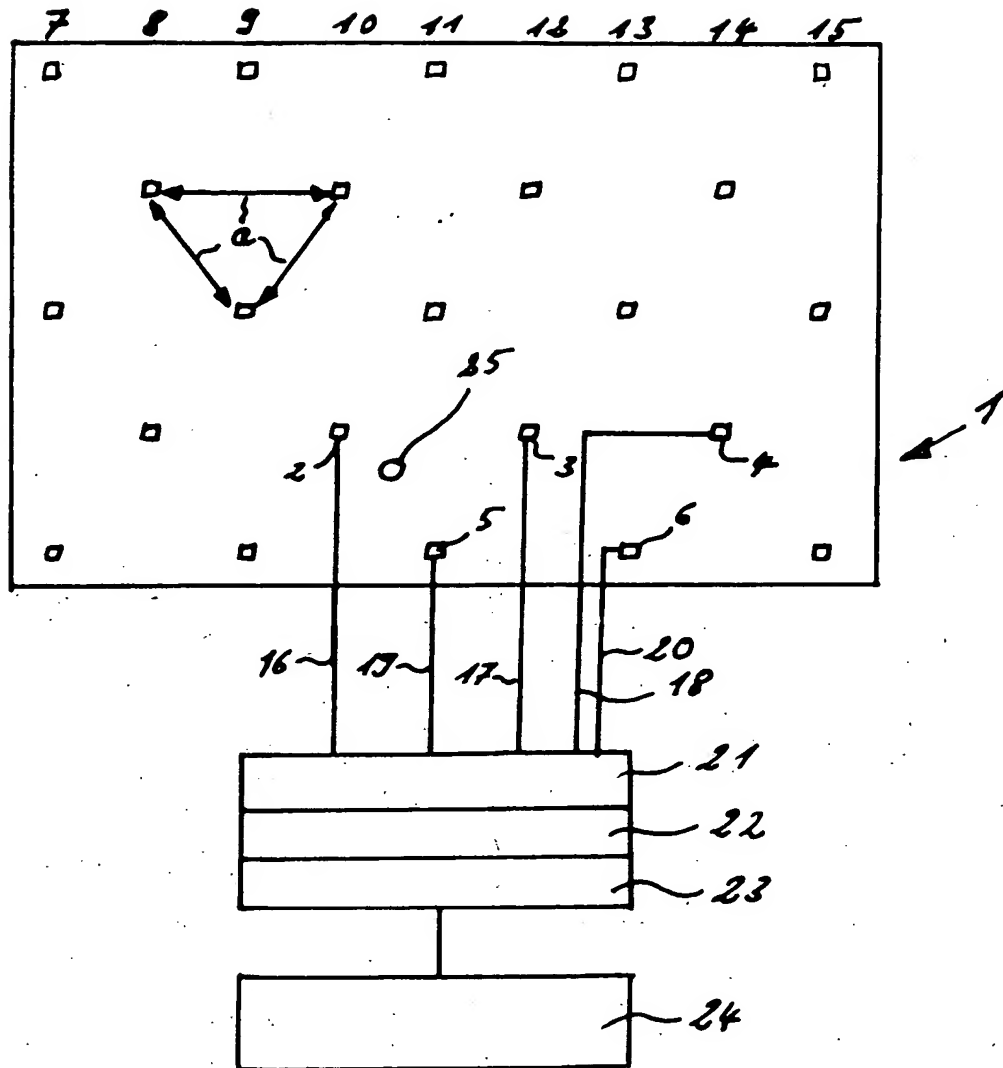


Fig. 2

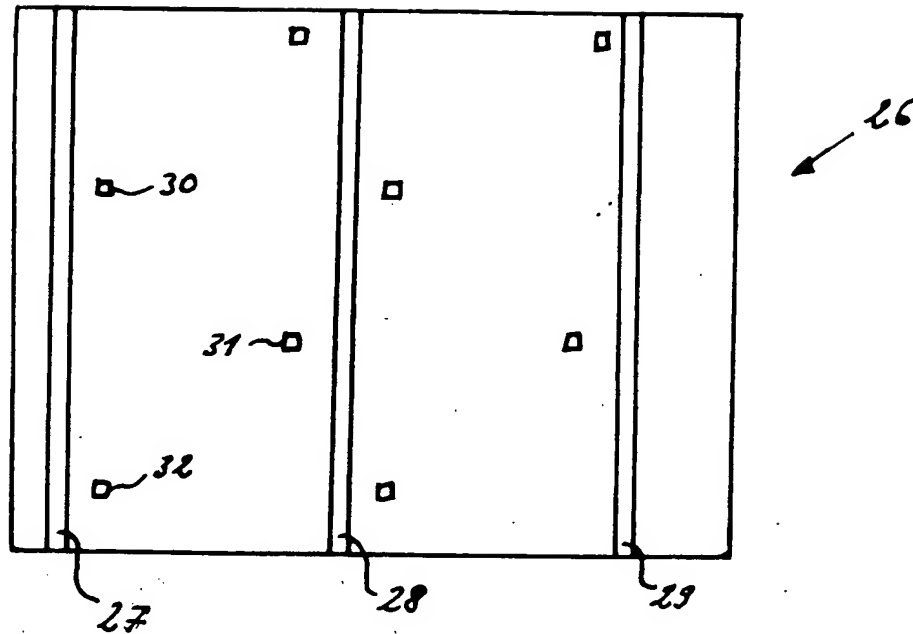


Fig. 3

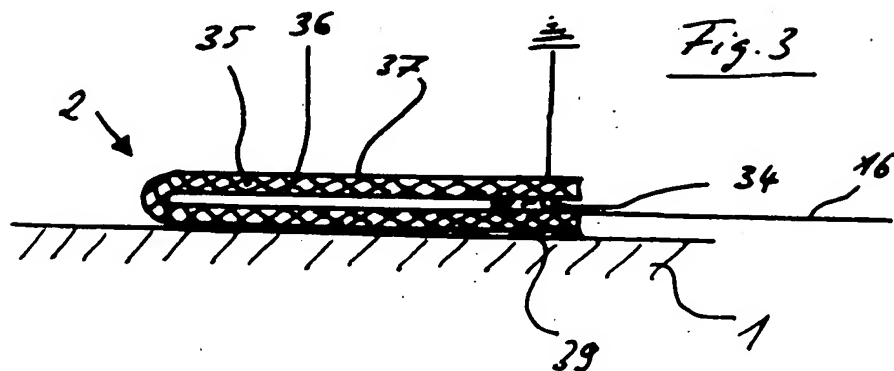


Fig. 4

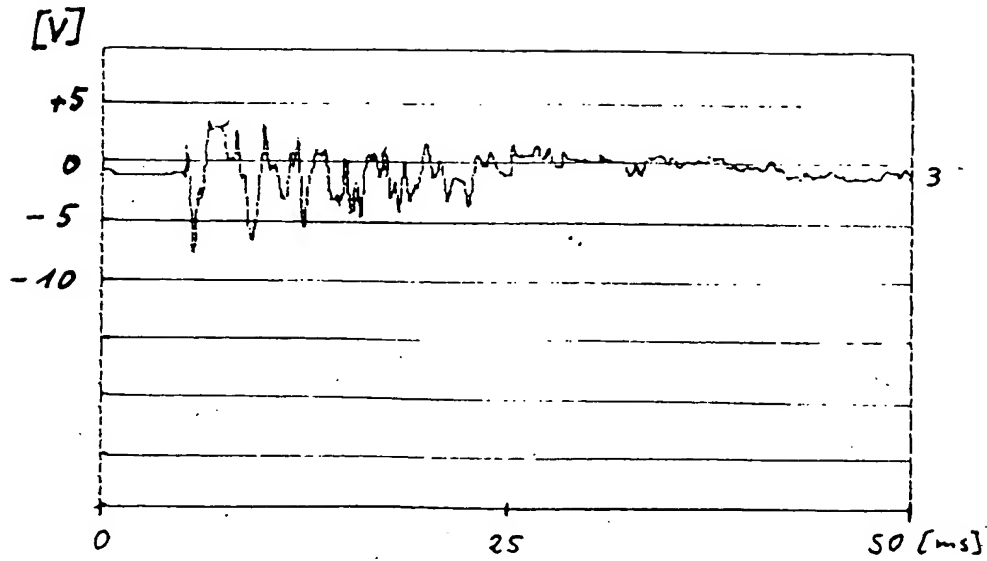


Fig. 5

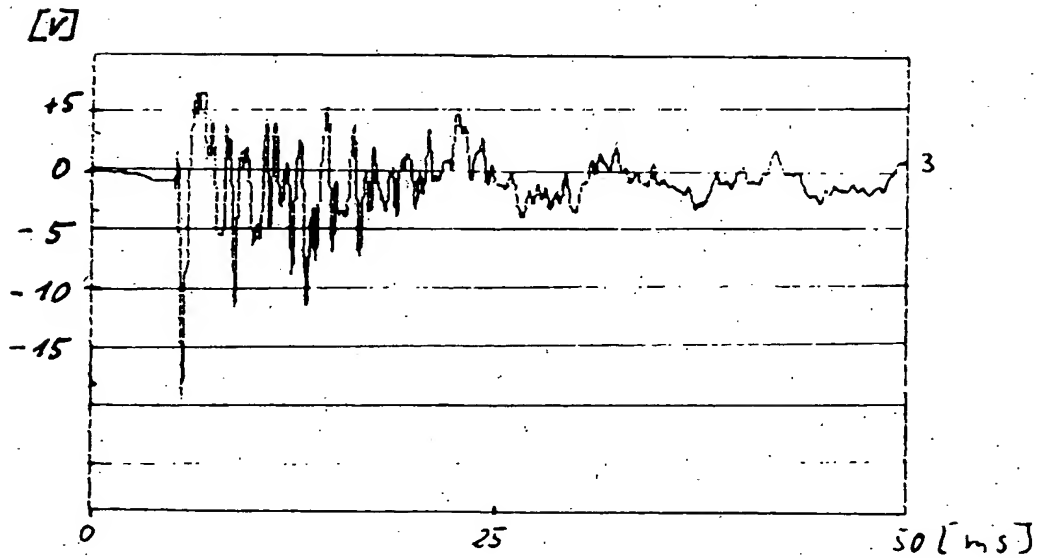


Fig. 6

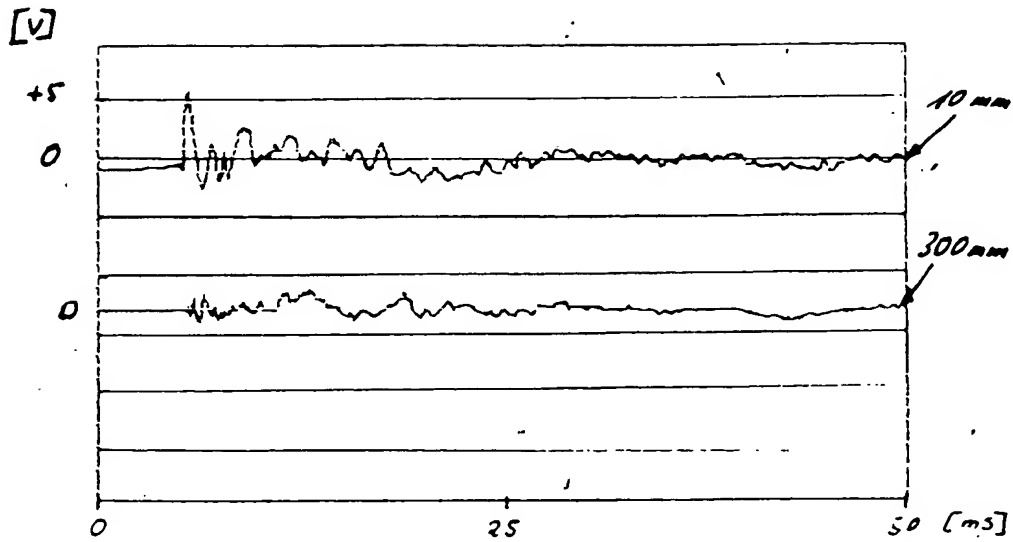


Fig. 7

